ISTITUTO CHIMICO AGRARIO SPERIMENTALE
DI
GORIZIA

SERIE 2ª DEI NUOVI ANNALI
PUBBLICAZIONE N. 36

RENZO CANDUSSIO

RICERCHE SUL FOSFORO DEI TERRENI DELLA PIANURA FRIULANA

Distribuzione verticale di alcune forme di fosforo e della sostanza organica nei terreni ferrettizzati

Estratto dagli *Atti della Accademia di Scienze, Lettere ed Arti* di Udine,
serie VII, vol. V

ISTITUTO CHIMICO AGRARIO SPERIMENTALE
DI
GORIZIA

SERIE 2ª DEI NUOVI ANNALI
PUBBLICAZIONE N. 36

RENZO CANDUSSIO

RICERCHE SUL FOSFORO DEI TERRENI DELLA PIANURA FRIULANA

Distribuzione verticale di alcune forme di fosforo e della sostanza organica nei terreni ferrettizzati

Estratto dagli *Atti della Accademia di Scienze, Lettere ed Arti* di Udine,
serie VII, vol. V

RENZO CANDUSSIO

RICERCHE SUL FOSFORO DEI TERRENI DELLA PIANURA FRIULANA

Distribuzione verticale di alcune forme di fosforo e della sostanza organica nei terreni ferrettizzati

La successione di orizzonti genetici, che si può osservare lungo il profilo di un ferretto vergine, è tipicamente costituita, secondo Comel (6), da: un orizzonte superficiale A di color bruno discretamente dotato di sostanza organica, talvolta distinto in due sottorizzonti A1-I e A1-II; un orizzonte B di colore rosso-mattone, contenente notevoli quantità di composti di ferro e di alluminio, normalmente di esiguo spessore; un orizzonte C sempre suddiviso in un sottorizzonte C1 di transizione, misto di ghiaia e di sostanze terrose provenienti dal dilavamento degli orizzonti superiori, in un sottorizzonte C2 in cui possono ancora verificarsi fenomeni di solubilizzazione, in un sottorizzonte C3 in cui si verificano fenomeni accumulativi.

Questa naturale differenziazione di orizzonti, che può riscontrarsi unicamente nei ferretti ancora vergini, non

è più rintracciabile — oppure è talvolta distinguibile ma soltanto in parte — nei terreni ferrettizzati dissodati e messi in coltura. Le lavorazioni agrarie di dissodamento e di rinnovo, anche se eseguite non profondamente, sconvolgono la successione degli orizzonti data la normale esiguità del loro spessore. Lo strato terroso ferrettizzato raramente infatti supera i pochi decimetri di spessore. Nella quasi generalità dei casi di conseguenza le arature oltrepassano la profondità dello strato alterato, smuovono il materiale ghiaioso sottostante e lo portano in superficie mescolandolo alla massa terrosa di alterazione.

È per questo motivo che nei terreni ferrettizzati soggetti a coltura si assiste quasi sempre a un netto passaggio dalla massa terrosa-ghiaiosa dello strato arabile alla sottostante coltre delle alluvioni ghiaiose poco o punto alterate.

Questa situazione risulta alquanto evidente nei terreni qui considerati semplicemente osservando l'andamento delle percentuali di scheletro riportate nel Prospetto 1.

I terreni presi in considerazione in questa nostra indagine sono terreni agrari di normale coltura nei quali perciò sarebbe stato impossibile lo studio della distribuzione verticale del fosforo, o di altri elementi, considerata da un punto di vista pedogenetico.

Le nostre ricerche dovevano avere uno scopo edafologico-agrario e dovevano consistere in un rilevamento delle disponibilità fosfatiche dei terreni ferrettizzati friulani negli strati più profondi ed esplorabili dalle radici delle colture agrarie normali della zona. Il criterio della distribuzione secondo orizzonti pedogenetici poteva perciò

essere sostituito da quello della distribuzione secondo misurate e prestabilite profondità.

Ci siamo perciò attenuti a strati di spessore costante di cm 25, per una complessiva profondità di cm 125.

Mancano studi specifici ed organici sulla distribuzione verticale degli elementi nutritivi di maggior interesse agrario (N, P e K) nei terreni ferrettizzati friulani. Il presente studio vuol portare un contributo alla conoscenza della distribuzione verticale di varie forme di fosforo in relazione ad alcune caratteristiche dei terreni (pH, tessitura, sostanza organica, calcare, ecc.).

Materiali e metodi.

Sono stati presi in considerazione dodici terreni ferrettizzati le cui principali caratteristiche fisiche e chimiche, di interesse per l'argomento trattato, sono riportate nei Prospetti 1 e 2.

Il campione del terreno n. 1 (Romans d'Isonzo), del terreno n. 2 (Villanova di Farra) e del terreno n. 4 (Cormons) provengono da campi sperimentali per prove di concimazione fosfatica e potassica da noi recentemente eseguiti nell'Agro gradiscano-cormonese: è pertanto conosciuto il loro comportamento agronomico nei riguardi degli apporti fosfatici e potassici.

I campioni del terreno n. 3 (Gorizia) sono stati raccolti nel campo di sperimentazione annesso all'Istituto Chimico Agrario Sperimentale. La relativa ricchezza di fosforo di questo terreno è molto probabilmente dovuta agli apporti fosfatici continuati regolarmente per diversi

anni. Si può presumere che anche il terreno raccolto a Pozzuolo, nel Podere didattico della locale Scuola Agraria, debba la sua alta dotazione di fosforo ai residui di continue e abbondanti concimazioni fosfatiche. È da notare però che questo terreno ferrettizzato presenta caratteristiche che si discostano alquanto dalla normalità dei terreni ferrettizzati della Pianura friulana. Questa situazione di anormalità del terreno di Pozzuolo ci ha indotti a considerarlo a parle e di non immetterlo nella serie degli altri terreni per non infirmare il valore delle medie dei vari risultati analitici.

Il prelevamento dei campioni degli altri sette terreni (dal n. 6 al n. 12) è stato eseguito in varie località, non molto distanti una dall'altra, entro un comprensorio di un centinaio di ettari di recente messi a coltura. Un prelevamento siffatto aveva lo scopo di valutare la variabilità dei risultati della nostra indagine entro una ristretta zona di terre di uguale provenienza e di uguale storia geopedologica.

I campioni sono stati prelevati lungo il profilo a strati di cm 25 di spessore. Per i terreni dal n. 6 al n. 12 sono stati presi in considerazione tre strati, e cioè fino a una profondità di cm 75, per i terreni dal n. 1 al n. 5 sono stati rilevati cinque strati per una profondità complessiva di cm 125.

Nelle ricerche sono stati impiegati i seguenti metodi analitici:

— per il carbonio organico, il procedimento di Walkley e Black;

— per l'azoto totale, il classico metodo di Kijeldahl;

— per il pH, determinazione potenziometrica, con elettrodo a vetro, della sospensione (1 : 2.5) in soluzione *N/1* di KCl.;
— per l'analisi fisico-meccanica, dispersione sodica e determinazione col metodo alla pipetta;
— per il calcare totale, dalla CO_2 svolta per trattamento cloridrico a caldo;
— per la P_2O_5 totale, attacco solfo-fluoridrico secondo Collier e determinazione gravimetrica del fosfomolibdato secondo Lorenz;
— per la P_2O_5 organica e per la P_2O_5 solubile in H_2SO_4 *N/5,* il metodo di Saunders e Williams e determinazione ceruleomolibdimetrica;
— per la P_2O_5 assimilabile, i metodi di Morgan-Peech, di Bray-Kurtz n. 1 e di Bray-Kurtz n. 2, determinazione ceruleomolibdimetrica.

I risultati (*).

I risultati analitici sono riportati nel Prospetto 1: Analisi fisico-meccanica; nel Prospetto 2: pH, calcare, N totale e C organico; nel Prospetto 3: P_2O_5 totale, P_2O_5 organica e P_2O_5 solubile in H_2SO_4 *N/5*; nel Prospetto 4: P_2O_5 assimilabile col metodo di Morgan-Peech, col metodo n. 1 di Bray-Kurtz, col metodo n. 2 di Bray-Kurtz.

(*) Le elaborazioni statistiche (errore standard delle medie, coefficiente di variabilità, coefficiente di correlazione) sono state eseguite soltanto per i primi tre strati (cm 0-25, cm 25-50, cm 50-75) data l'esiguità del numero dei campioni esaminati negli altri due strati più profondi (cm 75-100 e cm 100-125).

Analisi fisico-meccanica (Prospetto 1). Com' è stato in precedenza accennato lo strato d'alterazione è normalmente di debole spessore. Il passaggio dalla massa terrosa superficiale, mista alla ghiaia portata in superficie dalle lavorazioni, alla massa ghiaiosa del substrato alluvionale avviene in modo brusco e netto. I dati riportati nelle prime cinque colonne del Prospetto 1 illustrano questa situazione: nella media generale si passa da 41.5% di scheletro nello strato più superficiale a 71.8% nello strato immediatamente sotto. Negli strati ancora più profondi si giunge a percentuali elevatissime di scheletro che raggiungono in media l'87,2% con punta di 91.6% (nel terreno di Gorizia).

Fa eccezione il terreno di Pozzuolo (Prospetto 9) che presenta una percentuale di scheletro relativamente bassa nello strato superiore, percentuale che diminuisce ancora scendendo negli strati inferiori.

La dispersione della terra fina (setacciata a 1 mm) è stata eseguita con NaOH senza previa distruzione della sostanza organica e del calcare. Non si può dire quindi quanta parte abbia il calcare nelle frazioni differenziate ma è certo che esso è presente in quantità rilevanti in tutte le frazioni degli strati più profondi dove rappresenta elevate percentuali della terra fina.

La parte predominante è quella costituita da particelle con diametro superiore a mm 0.02 (sabbia). La parte meno rappresentata è quella costituita da particelle con diametro inferiore a mm 0.002. Questa parte va diminuendo negli strati sottostanti fino a diventare molto esigua negli strati più profondi.

pH (Prospetto 2). Dalla neutralità degli strati superficiali il pH passa gradualmente a valori subalcalini negli strati inferiori. Fa eccezione il terreno di Pozzuolo (Prospetto 9) che accusa un graduale leggero abbassamento del pH, verso valori più acidi, procedendo dalla superficie agli strati più profondi.

Calcare (Prospetto 2). Nei ferretti vergini lo strato di alterazione è di norma più o meno profondamente decalcificato. Negli strati superficiali dei terreni esaminati il calcare è sempre presente in percentuale sensibile.

Già fra i 25 e i 50 cm le percentuali subiscono un notevole aumento che diventa elevatissimo nello strato dai 50 ai 75 cm. Successivamente il calcare rimane praticamente costante.

Nella norma generale il terreno, al di sotto dei 50 cm, non viene toccato dai comuni lavori agrari. Il terreno a tale profondità è essenzialmente costituito da ghiaia pochissimo alterata.

C organico. Lo strato superficiale (cm 0-25) è sempre decisamente il più dotato. Nello strato immediatamente sottostante (cm 25-50) i tenori si dimezzano. Oltre i 50 cm i tenori medi si abbassano fino a valori molto esigui che si mantengono poi quasi costanti negli strati più profondi fino a cm 125.

Il valore medio del 1° strato (0-25 cm) di 2.96% è compreso fra i limiti di 1.17% e 4.50%; nel 2° strato (25-50 cm) la media si abbassa a 1.39% e i valori limiti a 0.70% e a 2.56%. Successivamente, i valori massimi non superano lo 0.96% e i minimi si abbassano fino a

Analisi fisico-meccanica sulla terra secca all'aria

Prospetto 1

Campione N.	Località del campionamento	Scheletro (> 1 mm)					Particelle con diametro da mm 1 a mm 0.02					Particelle con diametro da mm 0.02 a mm 0.002					Particelle con diametro < 0.002 mm				
		cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125
1	Romans d'Isonzo	50.5	82.1	88.5	91.4	91.0	48.68	73.24	87.80	88.56	87.90	33.06	15.59	7.95	8.87	9.86	18.26	11.17	4.25	2.57	2.24
2	Villan. di Farra	33.6	64.3	73.1	80.4	84.7	48.63	57.72	60.12	70.50	76.98	27.70	20.08	23.80	20.60	20.95	23.67	22.20	16.08	8.90	2.07
3	Gorizia	40.0	54.1	62.1	88.0	91.6	41.75	43.00	51.90	65.00	66.02	28.42	28.60	29.45	25.10	22.63	29.83	28.40	18.65	9.90	11.35
4	Cormòns	14.3	73.5	74.0	84.6	81.7	30.76	39.38	63.56	60.22	65.23	52.99	42.45	28.36	32.68	25.72	16.25	18.17	8.08	7.10	10.05
5	Pantianicco I .	41.3	48.6	79.4	—	—	43.90	43.82	72.37	—	—	40.87	41.64	18.54	—	—	15.23	15.54	9.09	—	—
6	Pantianicco II .	48.4	60.6	79.3	—	—	46.35	52.35	68.26	—	—	39.36	37.40	25.05	—	—	14.29	10.25	6.69	—	—
7	Pantianicco III .	34.3	78.6	86.6	—	—	44.72	60.84	75.13	—	—	38.44	30.71	19.04	—	—	16.84	8.45	5.83	—	—
8	Pantianicco IV .	49.7	78.7	72.5	—	—	49.02	83.66	86.80	—	—	42.22	9.85	9.32	—	—	8.76	6.49	3.88	—	—
9	Pantianicco V .	54.7	81.9	87.4	—	—	48.14	57.06	73.42	—	—	36.59	33.30	18.38	—	—	15.27	9.64	8.20	—	—
10	Pantianicco VI .	43.4	86.8	82.0	—	—	66.45	67.60	68.09	—	—	26.35	23.50	22.12	—	—	7.20	8.90	9.79	—	—
11	Pantianicco VII .	46.9	80.6	80.7	—	—	63.83	64.80	62.77	—	—	29 45	22.10	24.85	—	—	6.70	13.10	12.98	—	—
	Valore massimo .	54.7	86.8	88.5	91.4	91.6	66.45	83.66	87.80	88.56	87.90	52.99	42.45	29.45	32.68	25.72	29.83	28.40	18.65	9.90	11.35
	Valore minimo .	14.3	48.6	62.1	80.4	81.7	30.76	39.38	51.90	60.22	65.23	26.35	9.85	9.32	8.87	9.86	6.70	6.49	3.88	2.57	2.07
	Valore medio .	41.5	71.8	78.7	86.1	87.2	48.38	58.49	70.02	71.07	74.03	35.95	27.74	20.62	21.81	19.79	15.66	13.75	9.35	7.11	6.42
	Em	3.4	3.8	2.3	—	—	2.95	4.09	3.25	—	—	2.41	3.19	2.10	—	—	2.08	2.01	1.41	—	—
	Cv	27.0	17.8	10.0	—	—	20.2	23.2	15.4	—	—	22.2	38.1	33.8	—	—	44.0	48.6	50.0	—	—

pH, C organico, N totale, calcare totale. In % di terra fina a 1 mm secca all'aria

Prospetto 2

Campione N.	Località del campionamento	pH					Calcare totale					N totale					C organico				
		cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125
1	Romans d'Isonzo	7.50	7.78	7.90	8.00	8.12	1.73	49.30	76.36	75.40	72.58	0.210	0.088	0.044	0.044	0.035	1.82	0.70	0.21	0.15	0.13
2	Villan. di Farra	7.52	7.72	7.80	7.98	8.05	2.73	27.06	30.93	74.43	74.43	0.341	0.262	0.123	0.061	0.052	3.44	1.19	0.74	0.32	0.28
3	Gorizia	7.30	7.29	7.55	7.71	7.81	3.91	3.08	4.59	20.30	58.96	0.149	0.140	0.123	0.123	0.070	1.17	0.73	0.73	0.69	0.46
4	Cormòns . . .	7.42	7.60	7.80	7.88	7.95	5.80	20.30	80.23	78.29	77.63	0.247	0.228	0.061	0.044	0.035	2.18	1.49	0.36	0.36	0.32
5	Pantianicco I .	6.69	6.92	7.40	—	—	1.82	2.41	65.60	—	—	0.298	0.210	0.053	—	—	2.23	1.88	0.46	—	—
6	Pantianicco II .	6.80	6.90	7.40	—	—	1.32	12.05	68.22	—	—	0.271	0.247	0.048	—	—	3.50	2.56	0.35	—	—
7	Pantianicco III .	7.05	7.40	7.40	—	—	0.64	26.07	78.04	—	—	0.333	0.228	0.059	—	—	3.81	2.25	0.45	—	—
8	Pantianicco IV .	6.90	7.10	7.25	—	—	1.61	76.61	77.81	—	—	0.385	0.070	0.035	—	—	4.50	0.62	0.29	—	—
9	Pantianicco V .	6.90	7.10	7.80	—	—	0.70	33.83	68.33	—	—	0.298	0.210	0.070	—	—	3.45	2.01	0.50	—	—
10	Pantianicco VI .	7.20	7.70	7.75	—	—	0.98	62.00	63.60	—	—	0.298	0.096	0.070	—	—	3.67	0.87	0.69	—	—
11	Pantianicco VII .	7.50	7.80	7.80	—	—	0.82	45.15	42.89	—	—	0.202	0.105	0.070	—	—	1.84	0.96	0.96	—	—
	Valore massimo .	7.50	7.80	7.90	8.00	8.12	5.80	76.61	80.23	78.29	77.63	0.385	0.262	0.123	0.123	0.070	4.50	2.56	0.96	0.69	0.46
	Valore minimo .	6.69	6.90	7.25	7.71	7.81	0.64	2.41	4.59	20.30	58.96	0.149	0.070	0.035	0.044	0.035	1.17	0.62	0.21	0.15	0.13
	Valore medio . .	7.16	7.39	7.62	7.89	7.98	2.00	33.44	59.69	62.10	70.90	0.275	0.171	0.069	0.068	0.048	2.96	1.39	0.52	0.38	0.30
	Em	0.74	0.09	0.10	—	—	0.48	7.18	7.20	—	—	0.021	0.022	0.009	—	—	0.31	0.20	0.07	—	—
	Cv	31.7	4.3	4.5	—	—	79.5	73.2	40.0	—	—	25.1	42.0	42.4	—	—	35.0	49.6	44.1	—	—

P_2O_5 in mg/Kg di terra fina a 1 mm secca all'aria *Prospetto 3*

Campione N.	Località del campionamento	P_2O_5 totale (met. Collier)					P_2O_5 organica (met. Saunders-Williams)					P_2O_5 sol. in H_2SO_4 *N/5*				
		cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125
1	Romans d'Isonzo	1254	1495	287	205	152	836	743	76	55	48	244	237	56	35	28
2	Villan. di Farra	1881	1370	1339	603	663	1175	875	763	163	175	305	225	212	37	25
3	Gorizia	3742	2089	2812	2389	1320	1060	680	940	410	150	1460	900	990	860	300
4	Cormòns . . .	1828	1494	687	603	414	1130	1075	81	69	45	390	395	156	50	53
5	Pantianicco I .	1458	1932	911	—	—	1020	1467	340	—	—	200	320	250	—	—
6	Pantianicco II .	1313	1496	506	—	—	1072	1162	115	—	—	290	325	285	—	—
7	Pantianicco III .	1815	1703	756	—	—	705	430	170	—	—	670	770	370	—	—
8	Pantianicco IV .	1788	802	581	—	—	610	190	174	—	—	640	350	340	—	—
9	Pantianicco V .	1485	1630	749	—	—	925	1005	144	—	—	125	275	181	—	—
10	Pantianicco VI .	1584	1099	928	—	—	1063	351	250	—	—	187	180	163	—	—
11	Pantianicco VII .	1983	1577	976	—	—	1370	890	590	—	—	390	350	270	—	—
	Valore massimo .	3742	2089	2812	2389	1320	1370	1467	940	410	175	1460	900	990	860	300
	Valore minimo .	1254	802	287	205	152	610	190	76	55	45	125	180	56	35	25
	Valore medio . .	1831	1517	957	950	637	997	806	331	177	105	446	393	297	245	101
	Em	203	107	203	—	—	65	114	90	—	—	114	69	74	—	—
	Cv	36.8	23.4	70.4	—	—	21.8	46.8	89.9	—	—	85.1	58.2	82.7	—	—

P_2O_5 in mg/Kg di terra fina a 1 mm secca all'aria *Prospetto 4*

Campione N.	Località del campionamento	P_2O_5 assimilabile (met. Morgan-Peech)					P_2O_5 assimilabile (met. Bray-Kurtz PA1)					P_2O_5 assimilabile (met. Bray-Kurtz PA2)				
		cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125
1	Romans d'Isonzo	9	7	6	6	6	12	9	7	7	8	43	16	14	14	21
2	Villan. di Farra	21	6	4	2	4	20	7	5	5	4	71	19	16	16	10
3	Gorizia	122	15	11	8	8	280	24	24	21	24	700	175	41	32	43
4	Cormòns . . .	10	8	8	10	11	11	10	11	11	10	43	41	41	43	30
5	Pantianicco I .	7	4	2	—	—	23	14	13	—	—	26	19	22	—	—
6	Pantianicco II .	6	2	2	—	—	14	11	13	—	—	16	15	17	—	—
7	Pantianicco III .	6	2	2	—	—	23	15	16	—	—	42	24	24	—	—
8	Pantianicco IV .	6	4	4	—	—	20	12	13	—	—	23	18	17	—	—
9	Pantianicco V .	5	4	2	—	—	10	8	9	—	—	11	10	14	—	—
10	Pantianicco VI .	4	2	2	—	—	22	10	8	—	—	24	11	12	—	—
11	Pantianicco VII .	9	4	4	—	—	14	10	10	—	—	45	24	17	—	—
	Valore massimo .	122	15	11	10	11	280	24	24	21	24	700	175	41	43	43
	Valore minimo .	4	2	2	2	4	10	7	5	5	4	11	10	12	14	10
	Valore medio . .	18	5	4	6	7	41	12	12	11	11	95	34	21	26	26
	Em	10	1	1	—	—	24	1	1	—	—	60	14	3	—	—
	Cv	185.9	73.0	69.5	—	—	194.8	39.7	44.1	—	—	212.2	140.6	48.1	—	—

0.13%. I valori medi nei tre strati più profondi (da 50 a 125 cm) sono rispettivamente di 0.52%, di 0.38% e di 0.30%.

N totale. Segue lo stesso andamento generale del C organico. Nella media generale si verifica un notevole abbassamento passando dal 1° (0.275%) al 2° strato (0.171%), l'abbassamento si accentua fortemente oltre i 50 cm (0.069%) per mantenersi praticamente costante nei due successivi strati fino alla profondità di 125 cm.

Nel terreno di Pozzuolo si assiste a una distribuzione alquanto differente da quella testè descritta per gli altri terreni: il primo strato è il più ricco, oltre i 25 cm c'è una diminuzione molto marcata dei valori che si mantengono costantemente molto bassi fino a cm 100 di profondità. Nello strato successivo (cm 100-125) si assiste invece a un notevole aumento. Questo andamento dell'N totale vien ripetuto anche dal C organico.

P_2O_5 totale. La P_2O_5 totale diminuisce gradualmente con la profondità secondo i seguenti valori medi per ciascuno degli strati (procedendo dall'alto verso il basso, fino a cm 125): 0.183%, 0.151%, 0.095%, 0.095% e 0.063%.

Dopo i 50 cm si osserva il maggiore abbassamento medio. In alcuni terreni (n. 1 Romans, n. 5, 6, 9 di Pantianicco) però lo strato più fornito non è il primo bensì il secondo (da 25 a 50 cm). La distribuzione nel terreno di Pozzuolo non segue la norma generale media: nel profilo si osserva infatti un graduale aumento della P_2O_5 totale dopo i primi 50 cm fino allo strato più profondo qui considerato (fino a cm 125).

Da notare la ricchezza delle dotazioni fosfatiche del terreno di Pozzuolo e di Gorizia. Pur pensando che la ragione di questa relativa ricchezza possa essere attribuita anche ad accumulo di P_2O_5 per continui apporti di concimi, tuttavia questa situazione — anormale per i nostri terreni ferrettizzati — meriterebbe una specifica approfondita indagine che chiarisse le modalità e i fattori che hanno determinato la distribuzione ora rilevata.

P_2O_5 organica. Nella generalità la distribuzione della P_2O_5 organica lungo il profilo segue lo stesso andamento di distribuzione della P_2O_5 totale precedentemente accennato.

Nel terreno di Pozzuolo, come per la P_2O_5 totale, anche per la P_2O_5 organica si osserva una inversione di valori dopo i primi 50 cm; le dotazioni vanno aumentando gradualmente con la profondità.

Il rapporto $\frac{P_2O_5 \text{ org} \times 100}{P_2O_5 \text{ totale}}$ nella generalità va diminuendo con la profondità pur assumendo valori talvolta anche molto discosti nei singoli terreni agli stessi livelli di profondità.

P_2O_5 solubile in H_2SO_4 N/5. Segue lo stesso andamento distributivo della P_2O_5 organica: diminuisce cioè gradualmente con la profondità. La diminuzione è però meno accentuata di quella della P_2O_5 organica. Il rapporto P_2O_5 org/P_2O_5 acido-solubile va perciò diminuendo con la profondità (prospetto 7).

Rapporti C/P, N/P, C/N (forme organiche) *Prospetto 5*

Campione N.	Località del campionamento	C/P					N/P					C/N				
		cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 75-100	cm 75-100	cm 100-125
1	Romans d'Isonzo	49.8	21.6	63.6	62.5	62.0	5.7	2.7	13.3	18.3	16.6	8.7	7.9	4.8	3.4	3.7
2	Villan. di Farra	67.1	31.1	22.2	45.0	36.7	6.6	6.8	3.7	8.6	6.8	10.1	4.5	6.0	5.2	5.4
3	Gorizia	25.3	24.6	17.8	38.5	70.3	3.2	4.7	3.0	6.9	10.7	7.8	5.2	5.9	5.6	6.6
4	Cormòns . . .	44.2	31.8	102.8	120.0	160.0	5.0	4.8	17.4	14.6	17.5	8.8	6.5	5.9	8.2	9.1
5	Pantianicco I .	72.5	29.4	31.0	—	—	6.7	3.3	3.6	—	—	10.8	8.9	8.7	—	—
6	Pantianicco II .	74.8	50.5	70.0	—	—	5.8	4.9	9.6	—	—	12.9	10.4	7.3	—	—
7	Pantianicco III .	123.8	120.3	60.8	—	—	10.8	12.2	8.0	—	—	11.4	9.9	7.6	—	—
8	Pantianicco IV .	169.0	74.8	38.1	—	—	14.4	8.4	4.6	—	—	11.7	8.8	8.3	—	—
9	Pantianicco V .	85.4	45.8	79.3	—	—	7.4	4.8	11.1	—	—	11.6	9.6	7.1	—	—
10	Pantianicco VI .	79.1	56.9	63.3	—	—	6.4	6.3	6.4	—	—	12.3	9.1	9.8	—	—
11	Pantianicco VII .	30.8	24.7	37.3	—	—	3.4	2.7	2.7	—	—	9.1	9.1	13.7	—	—
	Valore massimo .	169.0	120.3	102.8	120.0	160.0	14.4	12.2	17.4	18.3	17.5	12.9	10.4	13.7	8.2	9.1
	Valore minimo .	25.3	21.6	17.8	38.5	36.7	3.2	2.7	2.7	6.9	6.8	7.8	4.5	4.8	3.4	3.7
	Valore medio . .	74.7	46.5	53.3	66.5	82.2	6.8	5.6	7.6	12.1	12.9	10.4	8.2	7.7	5.6	6.2
	Em	12.6	8.9	7.9	—	—	0.9	0.8	1.4	—	—	0.5	0.6	0.7	—	—
	Cv	55.8	63.4	49.2	—	—	47.1	49.8	63.4	—	—	15.9	23.7	31.7	—	—

Ad eccezione dei terreni di Gorizia e di Pozzuolo nei quali i valori della P_2O_5 solubile in H_2SO_4 diluito superano quelli della P_2O_5 organica, in tutti gli altri si verifica la situazione opposta. E' da notare che questi due terreni sono anormalmente ben dotati di P_2O_5 totale. Il maggiore accumulo di P_2O_5 solubile in acido diluito potrebbe dar maggior credito all'ipotesi, in precedenza accennata, che la ricchezza fosfatica dei due terreni tragga la sua origine dalla P_2O_5 di concimazioni chimiche fosfatiche effettuate per lunghi periodi di tempo.

In taluni terreni si nota un maggior accumulo di P_2O_5 solubile in H_2SO_4 *N/5* nel secondo strato (cm 25-50).

P_2O_5 assimilabile secondo Morgan-Peech. Ad eccezione dei terreni di Gorizia (1° strato) e di Pozzuolo (tutti gli strati) i valori della P_2O_5 assimilabile, determinata secondo il procedimento di Morgan-Peech, sono sempre molto bassi.

In generale diminuisce alquanto notevolmente dai 25 ai 50 cm. Al di sotto di tale livello assume valori pressochè costanti nei singoli strati però con una certa tendenza a un leggero aumento nello strato compreso fra i 100 e i 125 cm.

P_2O_5 assimilabile estratta col reattivo n. 1 di Bray e Kurtz. I valori della P_2O_5 assimilabile estratta col reattivo n. 1 di Bray e Kurtz sono quasi sempre superiori a quelli della P_2O_5 estratta col reattivo di Morgan. L'andamento della distribuzione verticale è simile a quello della P_2O_5 Morgan con un deciso e definito livellamento dei valori medi in tutti gli strati dai 25 cm in poi.

P_2O_5 assimilabile estratta col reattivo n. 2 di Bray e Kurtz. Il valore minimo viene raggiunto nel 3° strato (cm 50-75). Nei due strati successivi la P_2O_5 estratta col reattivo n. 2 di Bray e Kurtz assume un valore costante e di poco superiore a quello dello strato mediano. Lo scarto maggiore si osserva fra il 1° strato, che è il più ben fornito, e il 2° strato.

Nel terreno di Gorizia lo strato superficiale è particolarmente ricco. Molto ben fornito è anche il terreno di Pozzuolo che, come per le altre forme di P_2O_5, presenta una distribuzione verticale diversa da quella degli altri terreni esaminati.

Discussione dei risultati.

Nei terreni esaminati, anche se non intatti nella stratificazione naturale degli orizzonti, si osserva una distribuzione della sostanza organica (*) che coincide con quella delle « terre podsoliche brune » alle quali dovrebbero, secondo Mancini (21), essere assimilati i ferretti pedologicamente più maturi.

Il grafico che illustra, in senso generale, la distribuzione della sostanza organica lungo il profilo delle « ter-

---

(*) È noto che il tenore in C della sostanza organica del terreno varia, anche notevolmente, con la profondità del prelievo. Secondo Broadbent (3) l'uso del noto fattore di conversione (1.72) nel calcolo della sostanza organica del sottosuolo può portare ad errori anche dell'ordine del 50%. A rigore quindi non si dovrebbe parlare di « sostanza organica del terreno calcolata da C $\times$ 1.72 » quando si vuol trattare della distribuzione verticale di essa.

re brune podsoliche », elaborato da Broadbent (3) coi dati di diversi ricercatori, corrisponde sufficientemente al diagramma dell'andamento della distribuzione verticale del C organico nei nostri terreni ferrettizzati (fig. 2-a).

La sostanza organica del terreno contiene sempre composti fosforati (**) e composti azotati che si trovano in varie proporzioni rispetto al corbonio dei composti organici.

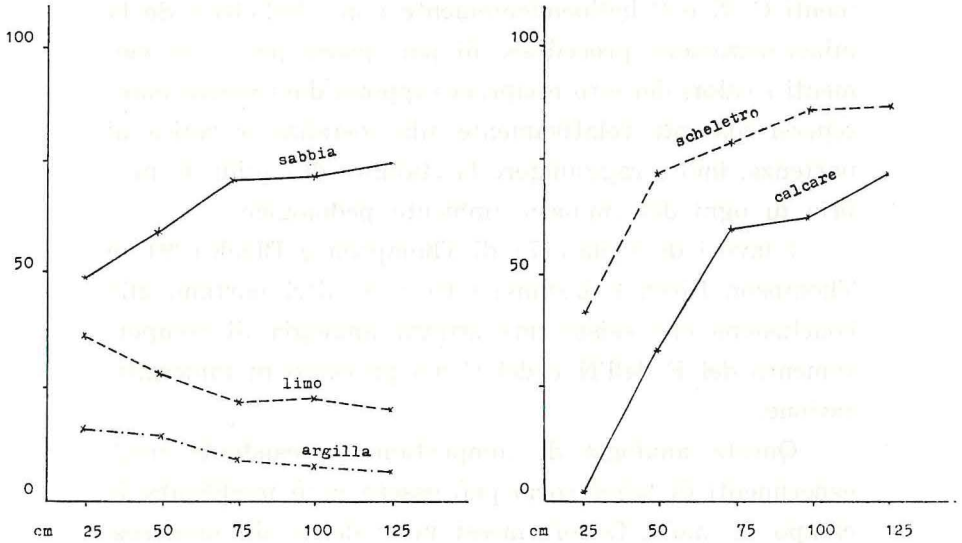

Fig. 1 - Dimostrazione diagrammatica della distribuzione verticale media di: *a*) sabbia, limo e argilla; *b*) scheletro e calcare totale.

Il valore dei rapporti C/N, C/P e N/P, nelle forme organiche del terreno, valore variabile in conseguenza

(**) Questa conoscenza risale agli esperimenti di Mulder del 1844 (22). Questo ricercatore non era mai riuscito ad estrarre dal terreno una sostanza organica priva di fosforo.

di diversi fattori, assume un significato indicativo dello stato di evoluzione della sostanza organica nel terreno e del grado di equilibrio da essa raggiunto in relazione alle condizioni ambientali in cui si svolgono i processi di mineralizzazione e di trasformazione biochimica.

I diversi valori che possono venir assunti dai rapporti predetti definiscono evidentemente il diverso grado di mineralizzazione che può essere raggiunto dai tre elementi C, N e P indipendentemente l'uno dall'altro. Se la mineralizzazione procedesse di pari passo per i tre elementi i valori dei loro reciproci rapporti dovrebbero mantenersi costanti, relativamente alla sostanza organica di partenza, fino a raggiungere la stabilità di equilibrio propria di ogni determinato ambiente pedologico.

I lavori di Kaila (17) di Thompson e Black (29) di Thompson Black e Zoellner (30) e di altri portano alla conclusione che esiste una stretta analogia di comportamento del P dell'N e del C nel processo di mineralizzazione.

Questa analogia di comportamento esistente negli esperimenti di laboratorio può essere però modificata in campo da molti fattori messi in evidenza da numerosi autori: il pH del terreno [Ghani e Aleem (14); Damsgaard-Sorensen (7), Kaila (16)]; lo stato termico del terreno [Thompson e Black (28), Bower (2), Thompson (27), De Long, Sutherland e Archer (8)]; lo stato idrico del terreno [Feher, Franck e Manninger (11), Feher (9), Feher e Franck (10), Thompson (27), Walker e Adams (32)]; il congelamento del terreno [Yuen e Pollard (36)]; il contenuto in P e in sostanza organica del terreno [Walker, Thapa e Adams (33), Walker e Adams (31)].

In realtà infatti nei terreni in campo è stata rilevata, da vari ricercatori, una grande variabilità nell'ampiezza dei rapporti sopra menzionati.

Schollenberger (25) in 24 terreni dell'Ohio, rileva un rapporto medio N/P pari a 10. Pearson e Simonson (23) nei terreni dell'Iowa trovano per il rapporto C/P un valore medio di 116 e per il rapporto N/P un valore medio di 11.2. Kaila (16) in 70 terreni finlandesi osserva un valore medio per C/P di 130 e per N/P di 8.4. Ghani e Aleem (13) trovano che il rapporto C/P assume un valore di 51 in alcuni terreni indiani. Karim e Khan (20) in uno studio sui terreni del Pakistan orientale mettono in rilievo un rapporto medio C/P di 122 e un rapporto medio N/P di 11.8.

Secondo alcune nostre recenti ricerche (5) sui terreni ferrettizzati del Friuli il rapporto C/P avrebbe un valore medio di 49 e il rapporto N/P un valore medio di 6. Gli scarti da tali valori medi sarebbero però risultati di notevole ampiezza (C/P da 143 a 27; N/P da 14 a 3). Karim e Khan (20), Ghani e Aleem (13) e Thompson e Black (29) hanno dimostrato la variabilità del rapporto C/P in relazione alla profondità; in generale il rapporto C/P diminuisce mano a mano che si procede verso gli strati più profondi.

Nel Prospetto 5 sono riportati i valori dei rapporti C/N, C/P, e N/P trovati nei terreni esaminati.

Nelle medie generali il rapporto C/N va gradualmente diminuendo con la profondità (fig. 2-b).

I valori più elevati (fino a 12.9) si osservano nei terreni della serie di Pantianicco (camp. n. 5, 6, 7, 8, 9, 10). Questi terreni, come è stato in precedenza accennato, sono attualmente in normale rotazione colturale, provengono però da una recente rottura del prato naturale stabile.

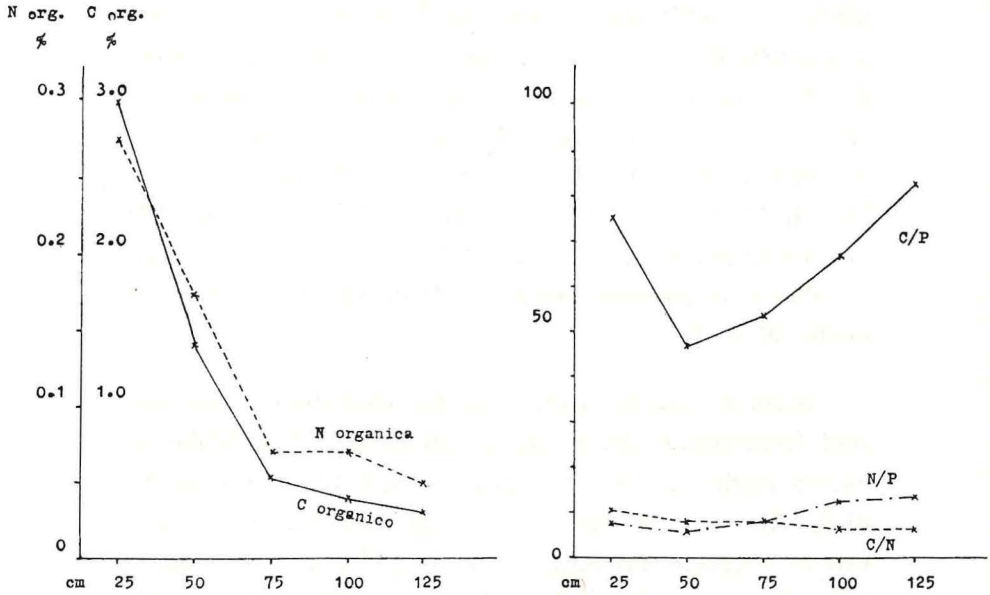

Fig. 2 - Dimostrazione diagrammatica della distribuzione verticale media di: *a*) carbonio organico e azoto totale; *b*) rapporti C/N, C/P e N/P.

È pertanto da presumere che in essi la sostanza organica, derivata da residui della cotica erbosa del prato, possa trovarsi tuttora in fase di attiva evoluzione.

Il rapporto C/P nei suoi valori medi, dopo una brusca caduta dal primo al secondo strato, aumenta gradualmente con la profondità fino a raggiungere e superare il

valore trovato nello strato superficiale. Anche qui si osservano i valori più elevati nella serie dei terreni di Pantianicco.

Ad essi si deve infatti se il rapporto medio dello strato superficiale assume qui un valore (in media 74.7) ben più elevato di quello medio in precedenza da noi trovato in un altro gruppo di terreni ferrettizzati friulani (in media 48.8).

Il coefficiente di correlazione fra la P_2O_5 organica e il C organico (Prospetto 6), basso nel primo e nel secondo strato, diventa invece alquanto elevato nel terzo (0.771).

Pur non potendo attribuire al rilievo un significato di diretta relazione viene tuttavia da osservare che il rapporto C/P è particolarmente basso nei due terreni (Pozzuolo e Gorizia) che, unici fra quelli qui esaminati, possiedono un soddisfacente livello di fertilità fosfatica.

L'andamento dei valori del rapporto N/P lungo il profilo dei terreni esaminati segue, nella linea generale, quello dei valori del rapporto C/P. Si scosta nella entità relativa dei valori fra i vari strati: la diminuzione fra il primo e il secondo strato è qui meno elevata; il valore segnato dallo strato superficiale viene superato già nel terzo strato.

Per il rapporto N/P sono rilevabili le stesse osservazioni e le stesse correlazioni in precedenza messe in evidenza per il rapporto C/P.

La P_2O_5 organica fino a 50 cm di profondità rappresenta la frazione più importante della P_2O_5 totale (Prospetto 7): in media essa raggiunge il 58.3% della P_2O_5

totale nello strato 0-25 cm; il 51.8% nello strato immediatamente sottostante. Gli scostamenti da tali medie assumono valori piuttosto ampi nei singoli terreni: da un massimo di 81.6% a un minimo di 28.3% nel primo

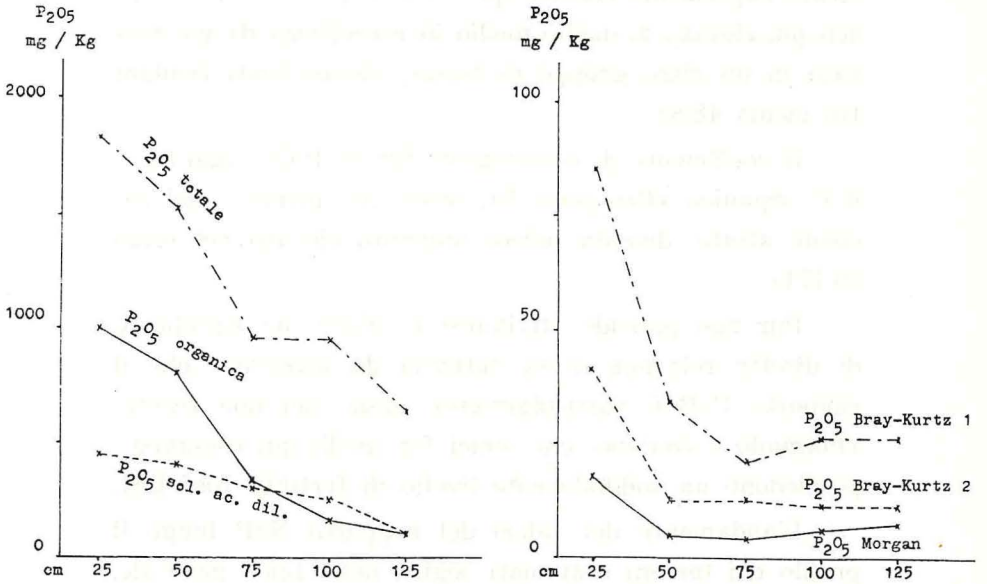

Fig. 3 - Dimostrazione diagrammatica della distribuzione verticale media di: *a)* P_2O_5 totale, organica e solubile in H_2SO_4 *N/5*; *b)* P_2O_5 assimilabile sec. Morgan-Peech, sec. Bray-Kurtz n. 1, sec. Bray-Kurtz n. 2.

strato e da un massimo di 77.6% a un minimo di 23.6% nel secondo strato.

Negli strati più profondi la percentuale organica decresce fino al valore di 19.9% nello strato profondo 100-125 cm.

La correlazione statistica fra la P_2O_5 totale e la P_2O_5 organica varia notevolmente con la profondità degli

strati (Prospetto 6): è molto bassa nel primo strato superficiale, aumenta decisamente nel secondo per diventare elevata nel terzo.

Prospetto 6

Coefficienti di correlazione fra le varie forme di P_2O_5

Profondità cm	P_2O_5 totale		P_2O_5 solubile in H_2SO_4 *N/5*				P_2O_5 assimilabile Morgan-Peech	
	P_2O_5 organica	P_2O_5 sol. H_2SO_4 *N/5*	P_2O_5 organica	Morgan-Peech P_2O_5	P_2O_5 Bray-Kurtz n. 1	P_2O_5 Bray-Kurtz n. 2	P_2O_5 Bray-Kurtz n. 1	P_2O_5 Bray-Kurtz n. 2
0.25	0.167	0.926	0.133	0.861	0.895	0.893	0.989	0.997
25-50	0.567	0.569	0.213	0.527	0.878	0.759	0.604	0.886
50-75	0.878	0.877	0.667	0.584	0.902	0.603	0.475	0.774

Significativo: (*) al livello P 0.05; (**) al livello P 0.01

Nei terreni esaminati le quantità di P_2O_5 organica nello strato di superficie non hanno alcuna relazione con le quantità più o meno elevate di P_2O_5 totale. Negli strati più profondi invece potrebbe anche non essere esclusa una certa relazione di dipendenza.

Fino a 50 cm di profondità la frazione di P_2O_5 solubile in H_2SO_4 *N/5* nella media generale rappresenta cir-

P_2O_5 organica e P_2O_5 sol. in H_2SO_4 *N/5* in % della P_4O_5 totale. Rapporto P_2O_5 organica/P_2O_5 sol. in H_2SO_4 *N/5*

Prospetto 7

Campione N.	Località del campionamento	P_2O_5 organica					P_2O_5 sol. in H_2SO_4 *N/5*					Rapporto P_2O_5 org./P_2O_5 sol in H_2SO_4 *N/5*				
		cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125
1	Romans d'Isonzo	66.6	49.6	26.5	26.8	31.5	19.4	15.8	19.5	17.0	18.4	3.4	3.1	1.3	1.6	1.7
2	Villan. di Farra	62.4	63.8	56.9	27.0	26.3	16.2	16.4	15.8	6.1	3.7	3.8	3.9	3.6	4.4	7.0
3	Gorizia	28.3	32.5	33.4	17.1	11.3	39.0	43.0	35.2	35.2	22.7	0.7	0.7	0.9	0.5	0.5
4	Cormòns . . .	61.8	71.9	11.8	11.4	10.8	21.3	26.4	22.7	8.2	12.8	2.9	2.7	0.5	1.4	0.8
5	Pantianicco I .	69.9	75.9	37.3	—	—	13.7	16.5	27.4	—	—	5.1	4.6	1.3	—	—
6	Pantianicco II .	81.6	77.6	22.7	—	—	22.0	21.7	56.3	—	—	3.7	3.6	0.4	—	—
7	Pantianicco III .	38.8	25.2	22.4	—	—	36.9	45.2	48.9	—	—	1.0	0.5	0.4	—	—
8	Pantianicco IV .	34.1	23.6	29.9	—	—	35.7	43.6	58.5	—	—	0.9	0.5	0.5	—	—
9	Pantianicco V .	62.2	61.6	19.2	—	—	8.4	16.8	24.1	—	—	7.4	3.6	0.8	—	—
10	Pantianicco VI .	67.1	31.9	26.9	—	—	11.8	16.3	17.5	—	—	5.7	1.9	1.5	—	—
11	Pantianicco VII .	69.0	56.4	60.4	—	—	19.6	22.1	27.6	—	—	3.5	2.5	2.2	—	—
	Valore massimo .	81.6	77.6	60.4	27.O	31.5	39.0	45.2	58.5	35.2	22.7	7.4	4.6	3.6	4.4	7.0
	Valore minimo .	28.3	23.6	11.8	11.4	10.8	8.4	15.8	15.8	6.1	3.7	0.7	0.5	0.4	0.5	0.5
	Valore medio . .	58.3	51.8	31.5	20.5	19.9	22.1	25.8	32.1	16.6	14.4	3.4	2.5	1.2	1.9	2.5

ca la metà della P_2O_5 organica. Relativamente alla P_2O_5 totale il 22.1% nello strato superficiale e il 25.8% nello strato sottostante costituiscono la frazione di P_2O_5 solubile in H_2SO_4 *N/5* (Prospetto 7). Questa percentuale va ancora aumentando nel terzo strato. Perciò nei primi tre strati diminuisce gradualmente la frazione costituita dalla P_2O_5 organica e contemporaneamente invece aumenta la P_2O_5 solubile in acido diluito (Prospetto 7).

Nei due ultimi strati (cm 75-100 e 100-125) la frazione di P_2O_5 solubile in acido diluito subisce una forte diminuzione.

Le quantità di P_2O_5 solubile in acido diluito sembrano legate alle quantità di P_2O_5 totale presenti nei singoli strati: esiste infatti una correlazione statistica molto elevata nel primo e nel terzo strato, e alquanto meno elevata nel secondo (Prospetto 6).

Le forme assimilabili della P_2O_5 rappresentano sempre delle frazioni molto esigue rispetto alla P_2O_5 totale. Osservando i dati medi del Prospetto 8 (P_2O_5 assimilabili espresse in ‰ della P_2O_5 totale) non si rileva alcuna norma nella distribuzione verticale di tali forme.

Esiste una correlazione positiva più o meno elevata fra le forme di P_2O_5 assimilabile e la P_2O_5 solubile in H_2SO_4 diluito: la correlazione è particolarmente alta, e uniformemente elevata nei tre strati, per la P_2O_5 estratta col reattivo n. 1 di Bray e Kurtz.

Com'era già stato messo in evidenza in occasione di altre nostre ricerche (4) le quantità di P_2O_5 estratte dal reattivo di Morgan sono abbastanza ben correlate con

quelle estratte dal reattivo n. 1 di Bray e Kurtz e altamente correlate con quelle estratte dal reattivo n. 2 di Bray e Kurtz.

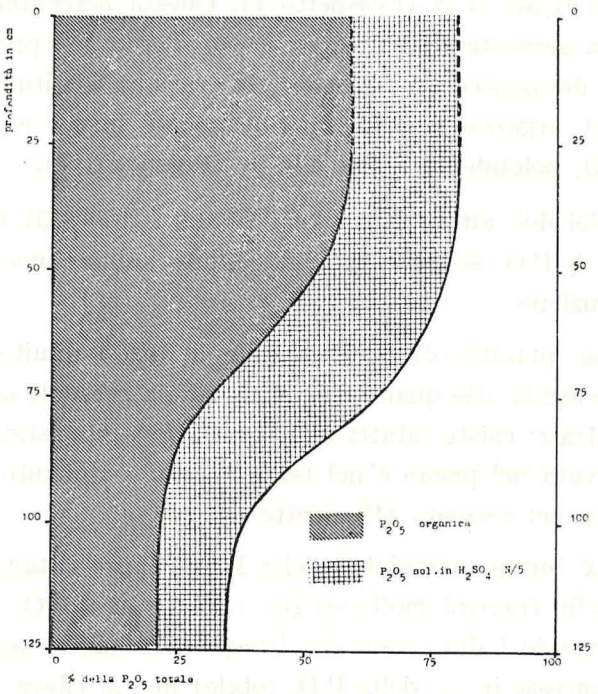

Fig. 4 - Distribuzione verticale media della P_2O_5 organica e della P_2O_5 solubile in H_2SO_4 *N/5* espressa in % della P_2O_5 totale.

Considerazioni conclusive.

La ricerca, di cui è stato qui riferito, fa parte di un complesso di indagini, ora in corso di esecuzione, relative allo studio della distribuzione verticale dei principali elementi che definiscono la fertilità chimica dei terreni ferrettizzati friulani. La ricerca, com'è già stato in prece-

P_2O_5 assimilabile (met. Morgan-Peech, met. Bray-Kurtz PA 1, met. Bray-Kurtz PA 2): in ‰ della P_2O_5 totale

Prospetto 8

Campione N.	Località del campionamento	P_2O_5 assimilabile (met. Morgan-Peech)					P_2O_5 assimilabile (met. Bray-Kurtz PA 1)					P_2O_5 assimilabile (met. Bray-Kurtz PA 2)				
		cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125	cm 0-25	cm 25-50	cm 50-75	cm 75-100	cm 100-125
1	Romans d'Isonzo	7.1	4.7	20.9	29.2	39.5	9.5	6.0	24.3	34.1	52.6	34.2	10.7	48.7	68.2	138.1
2	Villan. di Farra	11.1	4.4	3.0	3.3	6.0	10.6	5.1	3.7	8.2	6.0	37.7	13.8	11.9	26.5	15.0
3	Gorizia	32.6	7.2	3.9	3.3	6.0	74.8	11.4	8.5	8.7	18.1	187.0	83.7	14.5	13.3	32.5
4	Cormòns . . .	5.4	5.3	11.6	16.6	26.6	6.0	6.6	16.0	18.2	24.1	23.5	27.4	59.6	71.3	72.4
5	Pantianicco I .	4.8	2.1	2.2	—	—	15.7	7.2	14.2	—	—	17.8	9.8	24.1	—	—
6	Pantianicco II .	4.5	1.3	3.9	—	—	10.6	7.3	25.6	—	—	12.1	10.0	33.5	—	—
7	Pantianicco III .	3.3	1.2	2.6	—	—	12.6	8.8	21.1	—	—	23.1	14.0	31.7	—	—
8	Pantianicco IV .	3.3	5.0	6.9	—	—	11.1	14.9	22.3	—	—	12.8	22.4	29.2	—	—
9	Pantianicco V .	3.3	2.4	2.7	—	—	6.7	4.9	12.0	—	—	7.4	6.1	18.6	—	—
10	Pantianicco VI .	2.5	1.8	2.1	—	—	13.8	9.0	8.6	—	—	15.1	10.0	12.9	—	—
11	Pantianicco VII .	4.5	2.5	4.0	—	—	7.0	6.3	10.2	—	—	22.6	15.2	17.4	—	—
	Valore massimo .	32.6	7.2	20.9	29.2	39.5	74.8	14.9	25.6	34.1	52.6	187.0	83.7	59.6	71.3	138.1
	Valore minimo .	2.5	1.2	2.1	3.3	6.0	6.0	4.9	3.7	8.2	6.0	7.4	6.1	11.9	13.6	15.0
	Valore medio . .	7.49	3.44	5.80	13.10	19.52	16.21	7.95	15.13	17.30	25.20	35.75	20.28	27.46	44.82	64.50

denza accennato, vuol avere un significato edafologico agrario e, di conseguenza, un carattere eminentemente applicativo.

Non è perciò limitata soltanto al rilevamento analitico della fertilità chimica alle diverse profondità dei terreni ma viene completata da appropriate sperimentazioni colturali implicanti anche l'impiego di tecniche radio-traccianti (P 32).

I risultati delle indagini dovranno fornire elementi utili alla impostazione e soluzione di taluni problemi relativi a specifici interventi agronomici nei terreni agrari della zona ferrettizzata friulana.

Nello studio si possono porre principalmente i seguenti tre quesiti:

1) Quali sono le dotazioni di pronta assimilabilità e di riserva accessibile del sottosuolo fino alle profondità normalmente esplorate dalle radici delle usuali colture o fino alle profondità raggiungibili dai lavori agricoli?

2) Quale parte possono avere le dotazioni nutritive del sottosuolo nella nutrizione delle colture?

3) Quali possono essere le modalità di intervento atte a migliorare l'efficacia delle dotazioni nutritive del sottosuolo o eventualmente ad aumentarle come supplemento a quelle degli strati superficiali?

Il primo quesito trova sufficiente risposta, per quanto riguarda il fosforo, dai risultati della presente indagine: nelle terre ferrettizzate friulane dovrebbe essere considerata norma generale una diminuzione dei tenori fosfatici, procedendo dalla superficie verso gli strati più profondi.

Terreno di Pozzuolo: analisi fisico-meccanica,

pH, calcare, C organico, N totale, rapporti C/P, N/P e C/N *Prospetto 9*

Profondità degli strati cm	Scheletro (super. a 1 mm.) %	Particelle con diam. da mm 1 a mm 0.02 %	Particelle con diam da mm 0.02 a mm 0.002 %	Particelle con diam. inferiore a mm 0.002 %	pH	Calcare (da CO_2) %	C organico (met. Walkley-Black) %	N totale %	Rapporto C org/P org.	Rapporto N tot/P org.	Rapporto C org/N tot.
0-25	20.9	50.35	27.55	22.10	7.32	5.41	1.81	0.210	38.4	4.4	8.6
25-50	10.6	46.18	26.98	26.84	7.20	1.06	0.65	0.079	18.6	2.3	8.2
50-75	6.6	40.80	30.44	28.76	7.01	1.87	0.55	0.079	16.1	2.3	7.0
75-100	4.5	43.76	31.20	25.04	6.95	3.32	0.46	0.070	10.2	1.6	6.6
100-125	5.9	48.77	26.13	25.10	6.82	2.39	0.80	0.106	16.1	2.1	7.5

Terreno di Pozzuolo: P_2O_5 *Prospetto 10*

Profondità degi strati	mg/Kg di terra fina a (1 mm) secca all'aria						% della P_2O_5 totale					Rapp. P_2O_5 org. / P_2O_5 sol. in H_2SO_4
	P_2O_5 totale (met. Collier)	P_2O_5 organica (met. Saunders-Williams)	P_2O_5 sol. in H_2SO_4 N/5	P_2O_5 assimil. (met. Morgan. Peech)	P_2O_5 assimil. (met. Bray-Kurtz PA 1)	P_2O_5 assimil. (met. Bray-Kurtz PA 2)	P_2O_5 organica	P_2O_5 sol. in H_2SO_4 N/5	P_2O_5 Morgan-Peech	P_2O_5 Bray-Kurtz PA 1	P_2O_5 Bray Kurtz PA 2	
cm	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	%	%	%	%	
0-25	4039	1080	1600	134	560	700	26.7	39.6	4.5	13.8	17.3	0.7
25-50	2861	800	1360	81	525	735	27.9	47.5	2.8	18.3	25.7	0.6
50-75	3168	780	1500	75	525	665	24.6	47.3	2.3	16.6	21.0	0.5
75-100	3755	1030	1590	116	595	735	27.4	42.3	3.1	15.8	19.5	0.6
100-125	4214	1140	1660	138	735	840	27.0	39.3	3.3	17.4	19.9	0.7

La diminuzione delle dotazioni fosfatiche è maggiormente accentuata se si considerano i tenori fosfatici non in relazione alla terra fina ma in relazione al terreno tal quale.

I dati del Prospetto 11 indicano le dotazioni medie di P_2O_5 espresse in % di terra seccata all'aria e integra dello scheletro.

Prospetto 11

Valori medi di P_2O_5 in mg per Kg di terra integra di scheletro seccata all'aria

Profondità degli strati	P_2O_5 totale	P_2O_5 organica	P_2O_5 sol. in H_2SO_4 *N/5*	P_2O_5 assimilab. (metodo Morgan-Peech)	P_2O_5 assimilab. (metodo Bray-Kurtz 1)	P_2O_5 assimilab. (metodo Bray-Kurtz 2)
cm	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
0-25	1071	583	261	10.5	24.0	55.5
25-50	428	227	111	1.4	3.4	9.6
50-75	204	70	63	0.8	2.5	4.5
75-100	132	24	34	0.8	1.5	3.6
100-125	81	13	13	0.9	1.4	3.3

La nostra esperienza ci ha indotti già da tempo ad adottare, come routine normale per i consigli applicativi in fatto di concimazioni, l'esecuzione delle analisi su due campioni medi per ogni terreno: uno rappresentante il campione medio dello strato superficiale (fino a cm 25-

30), un altro rappresentante il campione medio dello strato immediatamente sottostante fino a 50-60 cm di profondità. Nel caso di impianti di colture arboree le analisi vengono eseguite anche su uno strato più profondo (da 50-60 cm a 80-90 cm).

I risultati pratici ci hanno convinti della bontà del sistema che, per la semplicità e la rapidità dei procedimenti analitici adottati, può essere sempre seguito senza implicare eccessivi aumenti di tempo o eccessivi consumi di materiali.

Il problema posto dal secondo quesito trova maggiore interesse per le colture a radici profonde: nel caso nostro particolarmente per l'erba medica. Lo studio è stato da noi iniziato quest'anno su piante di erba medica di vecchio impianto nelle condizioni della normale coltura ed è stato reso possibile dalle moderne tecniche dei radio-traccianti. Le ricerche sono state limitate alla nutrizione fosfatica e sono state attuate con l'impiego di fosfato monocalcico marcato con P 32. I primi risultati, pur essendo promettenti nei riguardi delle tecniche usate, hanno però messo in evidenza la complessità della ricerca nelle condizioni naturali di campo fornendo altresì gli elementi di base per la impostazione delle ulteriori indagini.

I risultati pratici della nostra esperienza applicativa ci permettono di rispondere, almeno in parte, al terzo quesito senza peraltro poter per ora fornire dei dati alla base delle nostre convinzioni. La concimazione verticale fosfo-potassica dei terreni ferrettizzati, necessaria per gli impianti arborei, è risultata utile anche per le colture erbacee che entrano nelle normali rotazioni agrarie in uso nella pianura friulana.

Da qualche anno sono in corso alcune prove di lunga durata, istituite nel Friuli orientale dall'Istituto Chimico Agrario Sperimentale di Gorizia, che dovranno precisamente fornire indicazioni relativamente ad alcune modalità di intervento atte a migliorare l'efficacia degli apporti fosfatici e potassici alle terre ferrettizzate.

BIBLIOGRAFIA

1) Black, C.A., Goring, C.A.I., Organic phosphorus in soils. In « Pierre, W.H., Norman, A.G., Soil and fertilizer phosphorus. *123-152, Academic Press Publ., New York, 1953.*
2) Bower, C.A., *Iowa Agr. Expt. Sta. Res. Bul. 362, 1949.*
3) Broadbent, F.E., The soil organic fraction. In « Advances in agronomy », V, *Academic Press, New York, 1953.*
4) Candussio, R., Visintini Romanin, M., *Ann. Sper. Agr., n.s., XIV, 2, 1959.*
5) Candussio, R., Visintini Romanin, M., *Nuovi Ann. Ist. Chim. Agr. Sper. di Gorizia, II, 34, 1963.*
6) Comel, A., *Nuovi Ann. Ist. Chim. Agr. Sper. di Gorizia, I, 8, 1957.*
7) Damsgaard-Sorensen, P., Planteavl. 50, 653-675, 1946. Citato in Black e Goring, Organic phosporus in soils. Agronomy IV, *Acad. Press, New York, 1953.*
8) De Long, W.A., Sutherland, A.J., Archer, P.L., *Sci. Agr., 21, 92-102, 1940.*
9) Feher, D., *Phosphorsäure, 5, 706-713, 1935.*
10) Feher, D., Frank, M., *Bodenkunde u. Pflanzenernähr, 1, 196-219, 1936.*
11) Feher, D., Frank, M., Manninger, G.A., *Bodenkunde u. Pflanzenernähr., 13, 341-352, 1939.*
12) Fuller, W.H., Mc George, W.T., *Soil Sci. 71, 315-323, 1951.*
13) Ghani, M.O., Aleem, S.A., *Indian. J. Agr. Sci., 13, 283-288, 1943.*
14) Ghani, M.O., Aleem, S.A., *Indian. J. Agr. Sci. 12, 873-882, 1943.*
15) Mough, G.J., Byers, H.G., *U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 584. 1937.*
16) Kaila, A., *Valtion Maatalouskoetoiminnan Julkaisuja. 129, 1948.* Citato in Black e Goring: Organic phosphorus in soils. *Academic Press, 1953.*

17) Kaila, A., *Soil Sci. 68, 279-289, 1949.*
18) Kaila, A., *J. Sci. Agr. Soc. Finland 28, 90-104, 1956.*
19) Kaila, A., *Soli Sci., 95, 38-44, 1963.*
20) Karim, A., Khan, D.H., *Soil Sci., 81, 47-56, 1956.*
21) Mancini, F., citato in « Principi, P., I terreni italiani ». *R.E.D.A., Roma 1961, pg. 400.*
22) Mulder, J., *J. prakt. Chem. 32, 321-344, 1844.*
23) Pearson, R.W., Simonson, R.W., *Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 4, 162-167, 1940.*
24) Pearson, R.W., Spry, R., Pierre, W.H., *J. Am. Soc. Agron. 32, 683-696, 1940.*
25) Schollenberger, C.J., *Soil Sci., 10, 127-141, 1920.*
26) Stanford, G., Pierre, W.H., Soil management practices in relation to phosphorus availability and use. Agronomy IV, *243-280, Academic Press, New York, 1953.*
27) Thompson, L.M., *Ph. D. Thesis, Iowa State College, Ames, Iowa.* Citato in Black e Goring: Organic phosphorus in soils. *Academic Press, 1953.*
28) Thompson, L.M., Black, C.A., *Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12, 323-326, 1948.*
29) Thompson, L.M., Black, C.A., *Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 14, 147-151, 1950.*
30) Thompson, L.M., Black, C.A., Zoellner, J.A., *Soil Sci., 77, 185-196, 1954.*
31) Walker, T.W., Adams, A.F.R., *Soil Sci., 85, 307-318, 1958.*
32) Walker, T.W., Adams, A.F.R., *Soil Sci., 87, 1-10, 1959.*
33) Walker, T.W., Thapa, B.K., Adams, A.F.R., *Soil Sci., 87, 135-140, 1959.*
34) Williams, E.G., Saunders, W.M.H., *J. Soil Sci., 7, 90-108, 1956.*
35) Winters, E., Simonson, R.W., The subsoil. In « Advances in agronomy », III, *2-92, Academic Press, New York, 1951.*
36) Yuen, S.H., Pollard, A.G., *J. Sci. Food Agric. 2, 186-192, 1951.*

Riassunto.

La ricerca, impostata con un fine edafologico-agrario, si proponeva di definire la distribuzione verticale delle disponibilità fosfatiche e della sostanza organica nei terreni ferrettizzati della Pianura friulana.

I campioni sono stati prelevati a strati di cm 25 di spessore, lungo il profilo di dodici terreni, fino a una profondità di cm 125.

Per ciascuno strato sono stati determinati: scheletro e terra fina, sabbia limo e argilla, pH, calcare totale, N totale, C organico (met. Walkley-Black), P_2O_5 totale (met. Collier), P_2O_5 organica (met. Saunders-Williams), P_2O_5 solubile in acido solforico diluito (met. Truog), P_2O_5 assimilabile (met. Morgan-Peech), P_2O_5 solubile nei reattivi di Bray-Kurtz n. 1 e n. 2.

È stato rilevato che con la profondità (fra parentesi sono riportati i valori medi del 1° strato — cm 0-25 — e dell'ultimo strato — cm 100-125):

— lo scheletro ($>$ 1 mm) aumenta progressivamente (41.5 ± 3.4%; 87,2%);

— la sabbia (da 1 a 0.02 mm) segue l'andamento distributivo dello scheletro (48.4 ± 2.9%; 74.0%);

— il limo (da 0.02 a 0.002 mm) diminuisce progressivamente (35.9 ± 2.4%; 19.8%);

— l'argilla ($<$ 0.002 mm) diminuisce progressivamente (15.6 ± 2.1%; 6.4%);

— il pH aumenta progressivamente (7.16 ± 0.74%; 7.98%);

— il calcare aumenta progressivamente (2.0 ± 0.5%; 70.9%);

— l'N totale diminuisce: il massimo abbassamento si verifica immediatamente al di sotto dei primi 50 cm (0.275 ± 0.021%; 0.048%);

— il C organico segue la stessa distribuzione dell'azoto (2.96 ± 0.31%; 0.30%);

— *la* P_2O_5 *totale diminuisce progressivamente (mg/Kg 1831 ± 203; mg/Kg 637);*

— *la* P_2O_5 *organica diminuisce progressivamente (mg/Kg 997 ± 65; mg/Kg 105);*

— *la* P_2O_5 *solubile in* H_2SO_4 *diluito presenta la stessa distribuzione della* P_2O_5 *organica (mg/Kg 446 ± 114; mg/Kg 101);*

— *le forme « assimilabili » della* P_2O_5 *(Morgan-Peech, Bray-Kurtz n. 1, Bray-Kurtz n. 2) presentano un massimo nello strato superficiale 0-25 cm (rispettivamente mg/Kg 18, 41 e 95), un minimo nello strato 50-75 cm (rispettivamente mg/Kg 4, 12, 21) e una tendenza a rimanere costante nei successivi strati più profondi.*

Il rapporto C/N va gradualmente decrescendo con la profondità: il valore medio passa da 10.4 nello strato superficiale a 6.2 nello strato più profondo (100-125 cm).

Il rapporto C/P, dopo una brusca caduta dal primo strato (74.7 ± 12.6) al secondo strato (46.5 ± 8.9), aumenta gradualmente con la profondità fino a superare (82.2) il valore trovato nello strato superficiale.

Lo stesso andamento distributivo è stato rilevato per il rapporto N/P (strato 0-25 cm: 6.8 ± 0.9; strato 25-50 cm: 5.6 ± 0.8; strato 100-125 cm: 12.9).

La P_2O_5 *organica, fino a 50 cm di profondità, rappresenta la frazione più importante della* P_2O_5 *totale (58% nello strato 0-25 cm e 52% nello strato 25-50 cm); successivamente la percentuale decresce gradualmente fino a raggiungere il valore del 20% nello strato più profondo (cm 100-125).*

La P_2O_5 *solubile in* H_2SO_4 *diluito rappresenta circa la metà della* P_2O_5 *organica nei primi due strati; negli strati successivi le quantità delle due forme tendono a uguagliarsi.*

Esiste una buona correlazione positiva fra la P_2O_5 *solubile in* H_2SO_4 *diluito e la* P_2O_5 *totale. Non esiste invece alcuna correlazione fra quest'ultima e la* P_2O_5 *organica.*

Le forme « assimilabili » di P_2O_5 *rappresentano sempre una frazione molto esigua della* P_2O_5 *totale; le loro variazioni sono indipendenti da quelle della* P_2O_5 *totale.*

Lo studio viene concluso da alcune considerazioni sulle concimazioni fosfatiche del sottosuolo nel tipo di terreno considerato.